

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM SOJA COM DOSES REDUZIDAS DE HERBICIDAS¹

NILSON G. FLECK², LEANDRO VARGAS³, MARCOS M. DA CUNHA³

RESUMO

Durante o ano agrícola 1993/94 foi conduzido experimento de campo na EEA/UFRS em Eldorado do Sul, RS, objetivando avaliar a possibilidade de uso de doses reduzidas dos herbicidas haloxyfop-methyl e sethoxydim para controlar papuã [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.] na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Haloxyfop-methyl foi testado nas doses de 120, 90, 60 e 30+30 g/ha; já sethoxydim o foi nas doses de 220, 165, 110 e 55+55 g/ha. A pulverização dos herbicidas ocorreu 15 dias após a semeadura da soja; nesta ocasião, a maioria das plantas de papuã encontravam-se no estágio de três a quatro folhas. Os tratamentos herbicidas com doses reduzidas em aplicações seqüenciais, tiveram a segunda pulverização realizada 11 dias após a primeira

aplicação. Foi obtido controle ao redor de 95% para todos os tratamentos, com pequenas variações não significativas. O rendimento de grãos de soja foi equivalente entre a testemunha capinada e os tratamentos haloxyfop-methyl a 90 e 60 g/ha, sethoxydim a 220, 110 e 55+55 g/ha. Os demais tratamentos foram semelhantes entre si, superando a testemunha infestada, a qual apresentou o menor rendimento de grãos. Os resultados evidenciam a viabilidade da utilização de doses reduzidas, as quais podem alcançar patamares de produtividade tão elevados quanto aqueles obtidos com doses plenas.

Palavras chave: Controle químico, haloxyfop-methyl, sethoxydim, *Brachiaria plantaginea*, *Glycine max*.

ABSTRACT

Soybean weed control with reduced rates of herbicides

During the 1993/94 growing season, it was carried out a field experiment at the Agronomic Experimental Station of Federal University of Rio Grande do Sul, in Eldorado do Sul, RS, Brazil, in order to evaluate the possibility of using reduced rates of the herbicides haloxyfop-methyl and sethoxydim for Alexandergrass [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.] control in soybeans. Haloxyfop-methyl was tested at 120, 90, 60, and 30+30 g/ha, whereas sethoxydim was at rates of 220, 165, 110, and 55+55 g/ha. Herbicide spraying occurred 15 days after soybean sowing; at this time Alexandergrass plants ranged from one leaf to one tiller. Herbicide treatments using reduced rates in sequential applications had the second spraying

accomplished 11 days after the first one. It was obtained Alexandergrass control around 95% for all the treatments, with small but not significant variations among them. Soybean seed yield was equivalent for the hoeing check, haloxyfop-methyl at 90 and 60 g/ha and sethoxydim at 220, 110, and 55+55 g/ha. The additional treatments were equivalents among them, but all surpassed the weeded check, which produced the lowest yield. These results evidence the possibility of using reduced herbicides rates, which may reach yield levels as high as those attained with full rates.

Key words: Chemical control, haloxyfop-methyl, sethoxydim, *Brachiaria plantaginea*, *Glycine max*.

¹ Recebido para publicação em 29/08/95 e na forma revisada em 18/03/96.

² Eng. Agr., PhD, Prof. Adjunto, Bolsista do CNPq, Depto. de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRS, Caixa Postal 776, Porto Alegre, RS, 90.001-970.

³ Eng. Agr., Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRS.

INTRODUÇÃO

Os prejuízos econômicos causados à produção de soja pela interferência de plantas daninhas, os decréscimos na qualidade dos grãos colhidos e as reduções na eficiência da operação de colheita devidos à presença dessas espécies infestantes estão bem comprovados e relatados na literatura. As plantas daninhas também causam perdas econômicas na produção da soja devido ao custo dos herbicidas e de outros métodos culturais que devem ser utilizados. Os herbicidas tornaram-se o método mais importante para controle dessas plantas na cultura da soja nas últimas décadas (Defelice *et al.*, 1989).

Os baixos preços pagos pela soja em muitas safras devidos à elevada produção ou aos estoques existentes e à concorrência entre países produtores, tem estimulado os técnicos e agricultores a buscar maneiras de reduzir os custos de produção dessa cultura para a tornar mais competitiva. Paralelamente, o risco de contaminação do ambiente com agroquímicos também se tornou foco de preocupação. A pressão para reduzir a quantidade de defensivos aplicados está crescendo e é exercida por grupos de ambientalistas, de consumidores e de órgãos governamentais (O'Sullivan & Bouw, 1993). Em resposta a tais problemas, os pesquisadores passaram a desenvolver técnicas de controle às plantas daninhas que trouxessem vantagens de custo e maior segurança ambiental.

Dentre os métodos propostos para reduzir os custos de produção e a quantidade de agroquímicos no ambiente, incluem-se a integração de técnicas de manejo, aumento da utilização de capinas e o emprego de doses de herbicidas abaixo daquelas recomendadas pelos fabricantes (Steckel *et al.*, 1990). Doses reduzidas tem sido pesquisadas nos últimos anos com propósito de reduzir o custo com herbicidas, e um caminho óbvio para diminuir o

custo do controle das plantas daninhas é reduzir o número de aplicações de herbicidas e/ou a dose utilizada até um limite que ainda possibilite um controle aceitável (Defelice *et al.*, 1989).

Dose reduzida de herbicida satisfaz tanto as necessidades ecológicas quanto as de redução do custo de produção (Prostko & Meade, 1993). Uma das principais vantagens da dose reduzida é a diminuição do custo do tratamento (Carey *et al.*, 1992). As doses normalmente indicadas nos rótulos são ajustadas para assegurar que o produto controle eficientemente as espécies às quais se destina sobre uma ampla faixa de condições de manejo e de ambiente (King & Oliver, 1992). Em certas situações, adotando-se manejo adequado e sob determinadas condições de ambiente, as doses herbicidas podem ser reduzidas e, ainda assim, manter controle eficiente das plantas daninhas (Devlin *et al.*, 1991). Em situações favoráveis, as doses reduzidas de herbicidas são eficientes (Barrentine, 1989), controlando satisfatoriamente as plantas daninhas quando aplicadas a indivíduos jovens em crescimento ativo (King & Oliver, 1992). Por outro lado, o agricultor deve assumir o risco de controle inadequado quando os herbicidas são aplicados em doses menores que as recomendadas (Griffin & Backer, 1992).

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi de avaliar a possibilidade do uso de doses reduzidas de herbicidas de pós-emergência com ação gramínida em controlar infestação de espécies gramíneas em soja, de modo a permitir a utilização de menor quantidade de agroquímicos e reduzir o custo de produção da cultura a fim de torná-la mais competitiva para comercialização.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o ano agrícola 1993/94 foi conduzido experimento em condições de campo na

Estação Experimental Agronômica da UFRS, no município de Eldorado do Sul, RS, empregando-se a cultivar de soja 'RS-7 Jacuí' como reagente. O solo do local foi preparado pelo método convencional, através de aração e gradagens, operações que também serviram para incorporação de calcário e da adubação de manutenção.

A semeadura da soja foi realizada dia 1º de dezembro de 1993, utilizando-se semeadeira tracionada com trator que estabeleceu quatro fileiras espaçadas de 0,5m por unidade experimental (parcela). A emergência das plantas ocorreu 7 dias após, originando-se população média de 26 plantas/m². A colheita, por sua vez, foi procedida 146 dias após a emergência da cultura, em 3 de maio de 1994.

Para se comparar os tratamentos de controle de plantas daninhas foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O tamanho das unidades experimentais foi de 2m x 5m; enquanto a área útil das parcelas foi fixada em 1m x 4m, englobando as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5m de suas extremidades.

Os tratamentos testados no experimento estão referidos na Tabela 1. Os herbicidas haloxyfop-methyl {ácido 2-[4-[[3-cloro-5-(trifluorometil)-2-piridinil]óxi]fenóxi]propiónico} e sethoxydim {2-[1-(etóximino) butil]-5-[2-(etilíio) propil]-3-hidróxi-2-ciclohexeno-1-ona} foram aplicados em pós-emergência, 15 dias após a semeadura ou 8 dias após a emergência da soja. Nessa ocasião, as plantas de soja encontravam-se no estágio entre um par de folhas simples e uma folha trifoliolada; enquanto as plantas gramíneas situavam-se entre uma folha verdadeira e um afilho, mas com a maioria delas enquadrando-se no estágio de três a quatro folhas. As doses herbicidas de 120 g/ha de haloxyfop-methyl e de 220 g/ha de sethoxydim foram consideradas como aquelas usuais ou plenas. Os tratamentos herbicidas constituídos por doses fracionadas, tiveram a segunda

pulverização realizada 11 dias após a primeira aplicação.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em cobertura total da área das parcelas, utilizando-se aspersor costal de precisão, sendo a pressão mantida constante em 160 kPa (1,63 Kg/cm²; 23,25psi). Na barra foram usados quatro bicos aspersores tipo leque, série 11004, espaçados em 0,5m entre si. O volume de calda herbicida utilizado para as aplicações foi de 250 l/ha. As aspersões ocorreram no horário entre 10:20 e 11:10 horas (Horário Brasileiro de Verão).

Foram acrescentados dois tratamentos testemunhas, quais sejam, um constituído por controle das plantas daninhas através de capinas e outro infestado por tais espécies durante todo ciclo da cultura. Foram realizadas duas operações de capinas manuais aos 9 e aos 14 dias após a emergência das plantas de soja. Não houve necessidade de serem aplicadas medidas adicionais de controle contra outras espécies daninhas além das gramíneas, pois a infestação de ervas dicotiledôneas foi desprezível. A área experimental esteve fortemente infestada por papuã [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.], espécie gramínea que ocorreu numa infestação média inicial de 420 plantas/m² nas parcelas testemunhas que não sofreram controle por capinas.

O grau de controle do papuã foi obtido através de avaliações visuais periódicas, realizadas aos 13, 26 e 36 dias após as aplicações herbicidas, nas quais foi utilizada escala percentual que procurou aferir a fitomassa dessa gramínea infestante em relação aos tratamentos-padrões (testemunhas capinada e infestada), em que nota zero correspondeu a nenhum controle e nota cem a controle total do papuã. Ao final do ciclo da soja foi efetuada a colheita manual das plantas e obtido o rendimento de grãos, o qual foi corrigido para teor de umidade de 12%.

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Duncan, ambas as análises adotando nível de significância de 5% de probabilidade. Para efetuar

análise de variância dos dados provenientes das avaliações visuais de controle de papuã, os valores foram previamente transformados pelo método de extrair a raiz quadrada das observações.

TABELA 1 - Tratamentos herbicidas testados no experimento de controle de papuã em soja com doses reduzidas de compostos com ação gramínica em pós-emergência, EEA/UFRS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94.

COMPOSTOS HERBICIDAS ¹				Épocas de
Nome comum	Dose (g/ha)	Marca comercial	Dose (ml/ha)	aplicação ²
Haloxypop-methyl ³	120	Verdict	500	8 DAE
Haloxypop-methyl	90	Verdict	375	8 DAE
Haloxypop-methyl	60	Verdict	250	8 DAE
Haloxypop-methyl	30	Verdict	125	8 DAE
+	+	+	+	+
Haloxypop-methyl	30	Verdict	125	19 DAE
Sethoxydim ⁴	220	Poast	1200	8 DAE
Sethoxydim	165	Poast	900	8 DAE
Sethoxydim	110	Poast	600	8 DAE
Sethoxydim	55	Poast	300	8 DAE
+	+	+	+	+
Sethoxydim	55	Poast	300	19 DAE

¹ Ao herbicida haloxypop-methyl (Verdict) foi adicionado adjuvante Joint na concentração de 0,5% e ao herbicida sethoxydim (Poast) foi adicionado adjuvante Assist na concentração de 0,5% v/v;

² Referidas em dias após a emergência das plantas de soja.

³ Produto comercial apresentado como concentrado emulsionável contendo concentração de 240g/l de equivalente ácido.

⁴ Produto comercial apresentado como concentrado emulsionável contendo concentração de 184g/l de ingrediente ativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para controle do papuã e para rendimento de grãos de soja encontram-se relacionados na Tabela 2.

Verifica-se que na primeira avaliação de controle do papuã, todos os tratamentos herbicidas alcançaram níveis de controle entre 91 e 96%, exceto

os dois tratamentos em que foram utilizadas doses fracionadas. Isso se deve ao fato de que por ocasião dessa avaliação, recém havia sido aplicada a segunda metade das doses divididas de haloxypop-methyl e de sethoxydim; portanto, não houve tempo suficiente para ocorrer incremento do controle nesses tratamentos. Mesmo assim, constata-se que todos os tratamentos herbicidas apresentaram

TABELA 2 - Controle de papuã em soja com doses reduzidas de herbicidas gramínicos de pós-emergência, EEA/UFRS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94.

Tratamentos testados ¹	Doses (g/ha)	Dias após aplicação (DAP ²)			Rendimentos de grãos de soja ³ (kg/ha)
		13	26	36	
1. Haloxyfop-methyl	120	95,8 ab ⁷	94,2 bc	95,5 a	2519 c
2. Haloxyfop-methyl	90	94,8 ab	95,0 bc	97,5 a	3047 abc
3. Haloxyfop-methyl	60	91,0 ab	92,7 bc	94,2 a	2905 abc
4. Haloxyfop-methyl	2 x 30	86,8 bc	95,5 bc	96,5 a	2617 bc
5. Sethoxydim	220	93,8 ab	96,2 ab	96,2 a	1394 abc
6. Sethoxydim	165	92,5 ab	93,7 bc	94,5 a	2704 bc
7. Sethoxydim	110	92,5 ab	94,2 bc	94,0 a	3249 ab
8. Sethoxydim	2 x 55	80,8 c	91,2 c	94,2 a	3101 abc
9. Testemunha capinada ⁴		100 a	100 a	100 a	3566 a
10. Testemunha infestada ⁵		Média de 420 plantas de papuã/m ²			752 d
Coefficiente de variação (%)		3,12	1,42	1,36	14,9

¹ Tratamentos herbicidas aplicados 8 dias após a emergência das plantas de soja, exceto os tratamentos n° 4 e 8 que também receberam uma segunda aplicação aos 20 dias após a emergência da soja;

² DAP - Dias após a aplicação dos tratamentos aplicados na primeira época.

³ Corrigido para teor de umidade de 12%.

⁴ Realizadas duas operações de capinas manuais aos 9 e 14 dias após emergência da soja.

⁵ Mantida infestada por papuã (*Brachiaria plantaginea*) durante todo o ciclo da cultura.

⁶ Médias comparadas nas colunas, seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

equivalência estatística no controle do papuã, exceto a dose fracionada de sethoxydim, a qual foi inferior a todos os demais mas não diferiu da dose fracionada de haloxyfop-methyl.

A segunda avaliação mostrou que nessa época todos os tratamentos herbicidas, inclusive aqueles com doses divididas, haviam superado o nível de 90% de controle, apresentando variação entre 91 e 96%. Pode-se também verificar que todos os tratamentos herbicidas apresentaram equivalência estatística, com exceção da dose fracionada de sethoxydim que mostrou controle inferior à dose plena do mesmo herbicida.

Já na terceira e última avaliação realizada, todos os tratamentos herbicidas apresentaram-se estatisticamente similares no controle do papuã, não diferindo da testemunha capinada. Nessa ocasião, os graus de controle obtidos tiveram pequena variação e

situaram-se ao redor de 95%. Por conseguinte, após 5 semanas das aspersões herbicidas, mesmo as doses fracionadas, as quais haviam mostrado ação mais lenta ou deficiente nas leituras precedentes, acabaram por atingir nível plenamente satisfatório de controle, demonstrando a eficácia das doses reduzidas, o que também foi constatado por Devlin *et al.* (1991), King & Oliver (1992), Carey *et al.* (1992) e Fleck (1994).

Analisando-se conjuntamente as três avaliações de controle, verifica-se que as doses maiores atingiram nível elevado de ação mais rapidamente do que as doses menores ou fracionadas, mas que ao final todos os tratamentos acabaram se igualando num mesmo patamar elevado de controle, concordando com os resultados relatados por Prostko & Meade (1993). Conseqüentemente, o efeito final demonstrado por doses ou métodos diferenciados de aplicação foi o mesmo, sendo

apenas uma questão de tempo o nivelamento da variação pré-existente entre eles, de modo que acabam por alcançar atividade herbicida semelhante. Esse aspecto ficou especialmente claro para as doses fracionadas dos dois produtos testados, principalmente para sethoxydim, o qual foi mais lento e deficiente em sua ação inicial do que a observada com haloxyfop-methyl.

Ainda dentro da comparação conjunta das três avaliações de controle, observa-se que, no caso do produto haloxyfop-methyl, em nenhuma das avaliações efetuadas ocorreram diferenças estatísticas entre as doses e/ou métodos de aplicação do herbicida em questão, embora visualmente os valores absolutos mostrassem alguma variação quando da primeira leitura. Já no caso do produto sethoxydim, as diferenças foram maiores entre os tratamentos. Assim, na primeira avaliação, a dose fracionada mostrou-se significativamente inferior a todas as demais. Na segunda avaliação, houve apenas diferença estatística entre a dose plena e a dose dividida de sethoxydim. Por fim, na última leitura não ocorreu mais nenhuma diferença entre os vários tratamentos com sethoxydim. Isso se deveu basicamente ao incremento de controle que a dose fracionada demonstrou ao longo do período avaliado, pois os demais tratamentos com sethoxydim foram equivalentes entre si desde o fase inicial até a final do período compreendido pelas avaliações.

Com relação ao rendimento de grãos de soja, verifica-se nessa mesma Tabela que o nível de produtividade obtido foi relativamente elevado, sendo que vários tratamentos herbicidas superaram os 3000 kg/ha e a testemunha capinada atingiu valor acima de 3500 kg/ha. Ao se comparar as produtividades obtidas nas testemunhas (capinada e infestada), constata-se que houve redução da ordem de 79% nessa variável por efeito da interferência ocasionada pelas plantas daninhas (papuã) na cultura, nível semelhante ao que foi constatado por Fleck (1994).

Por outro lado, considerando-se apenas os tratamentos herbicidas, o valor médio da

produtividade foi de 2917 kg/ha; dessa forma, comparando esse dado à produtividade do tratamento infestado, houve redução média de 74% nessa testemunha em decorrência da presença de plantas daninhas. Ampliando-se a comparação da testemunha infestada aos dois tratamentos herbicidas que apresentaram o menor e o maior valor, as diferenças variaram de 70 a 77%, respectivamente.

Verifica-se, igualmente, que houve um efeito positivo do método mecânico de controle (capinas) em relação ao método químico (herbicidas), uma vez que aquele produziu rendimento 22% superior à média deste. Essa diferença pode ser decorrência de alguns efeitos físicos benéficos que as operações de capina podem exercer ao nível de solo que beneficiem o crescimento das plantas de soja (Fleck, 1994). Ou pode ser devido à eliminação completa das plantas daninhas da área onde seja aplicado o método de capinas, considerando-se que o nível máximo de controle do papuã através dos herbicidas atingiu valor médio ao redor de 95%. Trabalho conduzido anteriormente (Fleck, 1994) demonstrou que para ser atingido rendimento máximo de grãos de soja é necessário eliminar completamente as plantas de papuã. Produtividade reduzida de grãos geralmente é devida ao controle inadequado das plantas daninhas e sua subsequente interferência com a cultura (Griffin & Backer, 1990).

A maioria dos tratamentos herbicidas alcançou níveis de produtividade equivalentes aos da testemunha capinada; no entanto, três deles diferiram estatisticamente desse tratamento, mostrando que o método de capinas foi mais eficiente do que esses herbicidas. De outra forma, todos os tratamentos que utilizaram o produto haloxyfop-methyl mostraram produtividades semelhantes, enquanto todos os tratamentos com utilização de sethoxydim também foram equivalentes entre si. Isso comprova que doses mais reduzidas do que aquelas usualmente indicadas são viáveis, pois também alcançam patamares de produtividade tão elevados quanto os obtidos com doses plenas (Steckel *et al.*, 1990; King & Oliver, 1992; Prostko & Meade, 1993; Fleck, 1994).

Ainda dentro da comparação entre tratamentos herbicidas, constatou-se que haloxyfop-methyl usado na dose plena produziu rendimento menor do que sethoxydim na dose reduzida de 110 g/ha. Aliás, haloxyfop-methyl na dose plena foi um dos tratamentos herbicidas que também diferiu da testemunha capinada quanto ao rendimento de grãos, mostrando redução da ordem de 29% nessa comparação. Não se encontrou uma explicação razoável para esse comportamento.

A utilização de doses reduzidas equivalentes, seja em aplicação única ou fracionada, não mostrou diferença para a produtividade, seja para haloxyfop-methyl ou para sethoxydim. Isso indica que aplicação de dose única traria vantagem econômica, uma vez que seria eliminada uma das operações de pulverização da dose dividida. No entanto, aplicação de dose reduzida fracionada poderia assegurar maior garantia de controle eficiente caso as condições de ambiente fossem desfavoráveis à ação do herbicida numa delas.

Face aos resultados relatados, pode-se concluir que, sob determinadas condições ambientais, é viável a adoção da tecnologia de redução das doses dos herbicidas haloxyfop-methyl e sethoxydim para metade daquelas usuais, alcançando-se controle de papuã e produtividade da soja equivalentes àqueles obtidos com as doses normalmente recomendadas. Disso decorre um controle químico mais ecológico e econômico, ou seja, com menor impacto ambiental e produção mais competitiva de grãos de soja e seus subprodutos no mercado de comercialização dessa oleaginosa.

LITERATURA CITADA

BARRENTINE, W. L. Minimum effective rate of chlorimuron and imazaquin applied to common cocklebur (*Xanthium strumarium*). **Weed Technology**, Champaign, v.3, n.1, p.126-130, 1989.

CAREY, V. F., SMITH JR., R.J., TALBERT, R.E. Reduced and standard herbicide rates for grass control in rice (*Oryza sativa*). **Weed**

Technology, Champaign, v.6, n.2, p.409-414, 1992.

DEFELICE, M. S., BROWN, W.B., ALDRICH, R. J., SIMS, B.D., JUDY, D.T., GUETHLE, D.R. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, Champaign, v.37, n.3, p.365-374, 1989.

DEVLIN, D.L., LONG, J.H., MADDUX, L.D. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v.5, n.4, p.834-840, 1991.

FLECK, N.G. Doses reduzidas de herbicidas de pós-emergência para controle de papuã em soja. **Planta Daninha**, Brasília, v.12, n.1, p.21-28, 1994.

GRIFFIN, J.L., BACKER, J.B. Tolerance of rice (*Oryza sativa*) cultivars to fenoxaprop, sethoxydim, and haloxyfop-methyl. **Weed Science**, Champaign, v.38, n.4, p.528-531, 1990.

KING, C.A., OLIVER, L.R. Application rate and timing of acifluorfen, bentazon, chlorimuron and imazaquin. **Weed Technology**, Champaign, v.6, n.3, p.526-534, 1992.

O'SULLIVAN, J., BOUW, W.J. Reduced rates of postemergence herbicides for weed control in sweet corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v.7, n.4, p.995-1000, 1993.

PROSTKO, E.P., MEADE, J.A. Reduced rates of postemergence herbicides in conventional soybeans (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v.7, n.2, p.365-369, 1993.

STECKEL, L. E., DEFELICE, M.S., SIMS, B.D. Integrating reduced rates of postemergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v.38, n.6, p.541-545, 1990.